

# USO DE LA TELEDETECCIÓN EN LA CARTOGRAFÍA DE HÁBITAT POTENCIAL DE AVES

R. Díaz-Delgado, J. Bustamante y J. Seoane.

Estación Biológica de Doñana. Avda. María Luisa  
s/n. Sevilla, 41013.

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo principal de elaborar una cartografía de hábitat potencial de diferentes especies de aves en las sierras de Aracena y Grazalema. Los modelos de selección de hábitat se basan en las preferencias de las aves sobre determinados tipos estructurales de vegetación. Así se utilizaron los mapas disponibles de vegetación para las áreas de estudio. Además, con objeto de incorporar la estructura forestal y comparar los resultados en función de las fuentes de datos, se llevó a cabo una cartografía de vegetación mediante el empleo de imágenes Landsat TM y ETM+. La metodología empleada utilizó 1144 puntos de muestreo como verdad terreno. En cada punto se anotaron diversos parámetros forestales que posteriormente fueron combinados en 2 componentes principales responsables de la máxima variabilidad mediante análisis de componentes principales (ACP). Los componentes se interpretaron como 2 gradientes de cobertura: arbórea y de matorral. Tales componentes fueron empleados como variables respuesta en un modelo aditivo generalizado (GAM) en el que las variables predictoras empleadas fueron los valores de reflectividad de las bandas 1-7 y de NDVI de escenas Landsat TM y ETM+ para dos fechas de cada área de estudio. Los resultados muestran valores de acierto global mayores para las cartografías generadas a partir de imágenes de satélite.

Palabras clave: selección de hábitat, estructura forestal, NDVI, GAM, ACP.

## ABSTRACT

This paper presents a work that was mainly aimed to produce a map of potential habitat for several bird species at the Aracena and Grazalema Mountains. Habitat selection models are usually based on birds' preference for certain vegetation communities. So, we used available land use-cover maps for the study area. In addition, we produced a new vegetation map derived from Landsat TM and ETM+ images in order to include forest structure

and compare its performance with the available vegetation maps. We used 1144 sampling points as ground truth. For every point several forest parameters were recorded. All these variables were combined in the 2 first components of a Principal Component Analysis (PCA) retaining the maximum variability. Such components were interpreted as 2 cover gradients: tree cover and shrub cover. Both were introduced in a Generalised Additive Model as response variables where we used as predictors reflectance values of bands 1 to 7, and NDVI of Landsat scenes (TM and ETM+), two dates for each study area. Results show higher percent of total agreement values for maps generated from satellite images.

Keywords: habitat selection, forest structure, NDVI, GAM, PCA.

## INTRODUCCIÓN

Las aves, entre otros organismos, seleccionan el tipo de vegetación en el que habitan (Cody 1985). Esta noción introduce la posibilidad de, mediante la determinación del tipo de vegetación (composición y estructura), predecir el hábitat idóneo (preferido) por cada especie de ave.

Hasta el momento la mayoría de modelos predictivos de hábitat potencial de aves han empleado las cartografías de usos del suelo y cubiertas disponibles para cada área de estudio (Tobalske y Tobalske 1999, Guisan y Zimmermann 2000, Pearce y Ferrier 2000). Mapas como el CORINE tienen en cuenta básicamente la composición de especies y/o la especie dominante de la cubierta vegetal analizada. Sin embargo, en zonas forestales, la estructura arbórea y arbustiva se presenta como factor determinante en la selección de hábitat dado que determina en gran medida la disposición espacial del medio y la disponibilidad de recursos. Además la resolución espacial de los mapas de usos del suelo y cubiertas disponibles así como su exactitud cartográfica suponen un serio problema a la hora de elaborar modelos (Pearce et alii. 2001). A ambos factores de error debe añadirse la posibilidad de no representar directamente las variables de estructura de vegetación determinantes en la selección de hábitat por parte de las aves. Tal es así que en este contexto existe hoy en día una tendencia cada vez mayor a refinar o elaborar nuevos mapas de vegetación en base de los existentes.

Aquí la teledetección se presenta como una fuente alternativa y/o auxiliar de datos para contribuir a mejorar las fuentes cartográficas de

origen o bien constituir la fuente de partida para una cartografía más específica. Esto es debido a su amplia disponibilidad temporal y espacial y a la resolución espacial que brinda.

El presente trabajo detalla la metodología empleada para elaborar una cartografía nueva de la estructura forestal en las sierras de Aracena y Grazalema y refinar la resolución espacial de las ya existentes con objeto de producir un mapa de hábitat potencial para diferentes especies de aves. Asimismo se pretende comparar los resultados obtenidos empleando diferentes fuentes cartográficas.

## ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se sitúa en el oeste de Andalucía, en concreto en 2 áreas cuadradas de 70 x 70 km que incluyen las Sierras de Aracena y Grazalema (ver Figura 1).

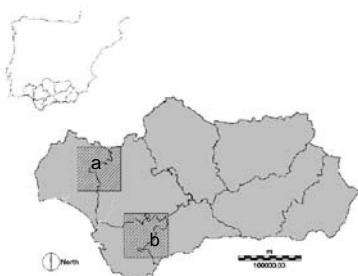


Figura 1.- Localización de las áreas de estudio: a) Aracena, b) Grazalema.

Ambas áreas poseen igual proporción de usos y cubiertas y aproximadamente un 20% de superficie dedicada al cultivo (mayoritariamente cereal, girasol y olivar). El 70% de la superficie está cubierta por bosques, dehesas y matorral.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Verdad terreno: estaciones de escucha

Dado que el objetivo principal del trabajo fue la elaboración de mapas de hábitat potencial de diferentes especies de aves, los puntos de muestreo que constituyeron la verdad terreno para los mapas de vegetación se localizaron aleatoriamente dentro de las 2 cuadrículas del área de estudio. En cada uno de los 1144 puntos muestreados se extrajeron además de los datos de presencia/ausencia de las especies reproductoras mediante escucha, una serie de parámetros forestales con objeto de caracterizar la estructura forestal en un radio de 25 m. Las variables forestales incluyeron además de la especie dominante, el porcentaje de cobertura y altura de

herbáceas, matorral y arbóreo, así como el porcentaje de suelo desnudo. También se midió el diámetro de los 5 pies arbóreos más gruesos y el número total de pies con diámetro mayor de 20 cm en el círculo muestreado. Un total de 857 puntos se localizaron en entornos naturales y seminaturales.

### Imágenes de satélite y mapas de vegetación

Los mapas de usos del suelo y cubiertas empleados fueron el Mapas de Usos del Suelo y Cubiertas Vegetales (MUSCV) (SINAMBA 1995) y el CORINE Land-Cover Map. El primero rasterizado a 50 m de resolución espacial y el segundo a 250 m. Los tipos de vegetación de ambos mapas fueron reclasificados en 3 clases de estructura (nulo, disperso y denso) para los 2 tipos de cubiertas modeladas (arbolado y matorral). Con objeto de poder comparar entre ambos el MUSCV se remuestreó a 250 m.

Las imágenes de satélite empleadas corresponden a 2 imágenes ETM+ (18/05/2000 y 22/08/2000) para Grazalema y 1 TM del 18/07/1999 y 1 ETM+ del 25/05/2000 para Aracena. Todas ellas fueron corregidas geométrica y radiométricamente siguiendo los modelos de Palá y Pons 1995) y Pons y Solé-Sugrañes 1994) respectivamente, obteniéndose los valores de reflectividad para cada píxel de 30 x 30m de resolución espacial.

### ACP de las variables forestales

Un total de 7 variables forestales medidas en cada uno de los puntos fueron analizadas mediante ACP con objeto de simplificar la variabilidad estructural de las áreas de muestreo (Figura 2).

El ACP utilizó 857 puntos localizados lejos de zonas de cultivo y urbanas. Se escogieron los 2 primeros componentes que representaban el 56% de la varianza observada. Las variables con mayor peso en estos nuevos componentes fueron: ACP1, el % de recubrimiento de árboles entre 2 y 6 m de altura así como el de los que sobrepasaban los 6 m y la densidad total arbórea, todos positivos, ACP2, el % de recubrimiento de matorral mayor de 2 m de altura de forma positiva y el % de recubrimiento de herbáceas de forma negativa. De esta forma el ACP1 se interpretó como un gradiente de recubrimiento y densidad arbórea, mientras que el ACP2 se asumió como un gradiente de recubrimiento de matorral.

### Construcción de los modelos

Ambos componentes se utilizaron como variables dependientes en un modelo aditivo generalizado (GAM) en el que como variables

predictoras se introdujeron los valores de reflectividad de las bandas 1-7 y del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI).

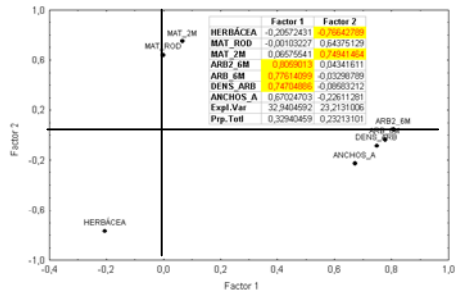


Figura 2.- Distribución y peso de las variables forestales en el espacio creado por las 2 primeras componentes del ACP. En rojo figuran las variables de más peso.

Los modelos GAM (Hastie y Tibshirani 1990) se recogen dentro de los análisis de regresión múltiple no paramétricos en los que la variable respuesta puede no seguir una distribución normal y la varianza no cambia en función de la media (Guisan y Zimmermann 2000). Los GAM constituyen un marco más amplio que los modelos lineales generalizados (GLM) en los primeros la relación entre la variable respuesta y los predictores se establece mediante funciones de suavizado no paramétrico.

Una vez ajustados los modelos se implementaron para producir mapas continuos de ACP1 y ACP2 en el área de estudio a 30m de resolución espacial. Se establecieron valores de corte para definir 3 clases de estructura (nulo, disperso y denso) para los 2 tipos de cubiertas modeladas (arbolado y matorral). Los valores de corte se determinaron en función de la superficie ocupada por cada clase de estructura de forma que ocuparan superficies similares a las definidas por el MUSCV reclasificado. Con objeto de comparar con el MUSCV, los mapas resultantes se remuestrearon a 50m. Las comparaciones se efectuaron mediante el porcentaje de acierto global e índice Kappa (acierto corregido por azar) (Titus et alii. 1984).

Asimismo, se recalcularon los modelos introduciendo como una variable predictora más el tipo de cubierta proporcionado por el MUSCV. Estos modelos mixtos fueron también implementados en forma de mapa para ser comparada su exactitud cartográfica, su resolución espacial y su calidad a la hora de ser utilizados como predictores de hábitat potencial de las especies objeto de estudio.

Con este procedimiento se pretendió recoger no sólo la información tipológica de las cubiertas vegetales si no también la estructura forestal. Esta estructura viene determinada por 9 clases combinación de todas las posibles categorías representadas en la cartografía (Tabla 1). Así por ejemplo las dehesas de encina abiertas aparecen en los mapas generados como arbolado disperso y matorral nulo.

Categorías Cobertura		
arbórea y matorral nulas	Cobertura arbórea	
nula y matorral disperso	Cobertura arbórea	
nula y matorral denso	Cobertura arbórea	
dispersa y matorral nulo		
Cobertura arbórea dispersa y matorral disperso		
Cobertura arbórea densa y matorral denso		
Cobertura arbórea densa y matorral nulo		
Cobertura arbórea densa y matorral disperso		
Cobertura arbórea densa y matorral denso		

Tabla 1.- Categorías de los mapas de estructura forestal empleados en la cartografía de hábitats.

RESULTADOS

Mapas de estructura de la vegetación

Se generaron un total de 6 mapas a diferentes resoluciones para los 2 tipos de cubiertas analizadas.

Los modelos generados mediante GAM sin considerar el tipo de vegetación según el MUSCV, explicaron un 37-40% (para cada área de estudio) de la varianza del gradiente de recubrimiento de arbolado (ACP1) y un 21-30% del gradiente de recubrimiento de matorral (ACP2).

Los modelos GAM mixtos generados mediante la incorporación del tipo de vegetación definido por el MUSCV mejoraron la varianza explicada hasta 55-56% en el gradiente arbóreo y 26-49% en el de matorral.

Todos los mapas fueron evaluados con los datos procedentes de los puntos de muestreo como verdad terreno. La Tabla 2 muestra los porcentajes de acierto global y los valores del índice Kappa para cada uno de ellos.

El modelo con un porcentaje de acierto e índice Kappa mayores fue el mixto (Figura 3).

Los valores de acierto global y Kappa estimados disminuyen conforme lo hace la resolución espacial de las fuentes originales empleadas.

Mapa	% acierto global	Kappa
CORINE_250	36.6 *	0.01
MUSCV_250R	44.4 *	0.12
MUSCV_50	20.3	0.12
LANDSAT_50	23.7	0.14
LANDSAT_30	26.5	0.17
MIXTO_30	29.7	0.22

Tabla 2.- Porcentajes de acierto global y valores del índice Kappa para los mapas generados. (\*) Mapas únicamente comparables entre sí.

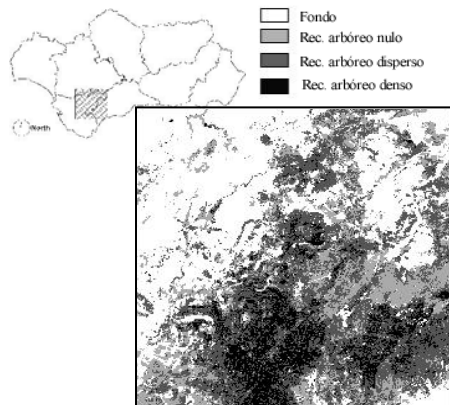


Figura 3.- Mapa de recubrimiento arboreo para la cuadrícula de Grazelema.

## DISCUSIÓN

Los porcentajes de acierto obtenidos fueron muy bajos para todos los modelos cartográficos generados. A pesar de ello, el incremento en la resolución espacial de las fuentes cartográficas de origen proporcionó una mejor calidad cartográfica evaluada mediante verdad terreno.

La estructura forestal, definitivamente un factor más descriptivo del tipo de hábitat con respecto a su selección por parte de los organismos, resulta difícil de modelar. Sin embargo, a pesar de ello, los mapas fueron introducidos en diferentes modelos para generar una cartografía de hábitat potencial de un total de 48 especies de aves. Los resultados obtenidos alcanzaron en el caso de los modelos mixtos un valor de AUC (Area Under the Curve, estima de la capacidad predictora, Murtaugh 1996) cercanos al 80% (Seoane et alii. Submitted). submitted!

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por fondos FEDER, proyecto 1DF-97-0648. Los autores

agradecen al Sinamba y a la EEA los mapas proporcionados.

## BIBLIOGRAFÍA

Cody, M.L. 1985. Habitat selection in birds. Academic Press, Inc., San Diego.

Guisan, A. y Zimmermann, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135, 147-186.

Hastie, T.J. y Tibshirani, R.J. 1990. Generalized Additive Models. Chapman & Hall, Londres.

Murtaugh, P.A. 1996. The statistical evaluation of ecological indicators. *Ecological Applications* 6, 132-139.

Palà, V. y Pons, X. 1995. Incorporation of relief into a geometric correction based on polynomials. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 61, no.7: 935-944.

Pearce, J. y Ferrier, S. 2000. An evaluation of alternative algorithms for fitting species distribution models using logistic regression. *Ecological Modelling* 128, 127-147.

Pearce, J.L., Cherry, K., Drielsma, M., Ferrier, S. y Whish, G. 2001. Incorporating expert opinion and fine-scale vegetation mapping into statistical models of faunal distribution. *Journal of Applied Ecology* 38, 412-424.

Pons, X. y Solé-Sugrañes, L. 1994. A simple radiometric correction model to improve automatic mapping of vegetation from multispectral satellite data. *Remote Sensing of Environment* 48, 191-204.

Seoane, J., Bustamante, J. y Díaz-Delgado, R. Submitted. Are existing vegetation maps adequate to predict bird distributions? *Ecological Modelling*

Titus, K., Mosher, J.A. y Williams, B.K. 1984. Chance-corrected classification for use in discriminant analysis: ecological applications. *American Midland Naturalist* 111, 1-7.

Tobalske, C. y Tobalske, B.W. 1999. Using atlas data to model the distribution of woodpecker species in the Jura, France. *The Condor* 101, 472-483.